

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang 1990/91

Mac/April 1991

ZSE 448/4 Ilmu Fizik Dan Teknologi
Alat Rekaan Fotovoltaik

Masa : (3 jam)

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi DUA muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab KESEMUA EMPAT soalan.

Kesemuanya wajib dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Huraikan dengan ringkas proses pembauran berikut:

(i) interstis

(ii) substerstis (30/100)

(b) Kirakan frekuensi lompak atom bagi suhu pembauran $T = 300\text{K}$ dan $T = 1000\text{K}$ untuk proses pembauran interstis

Data yang perlu ialah $K_B = 8.62 \times 10^{-15} \text{ eV/K}$

$$E_m = 1.0 \text{ eV}$$

$$v_o = 10^{13} / \text{s}$$

dan semua simbol mempunyai maksud yang biasa. (20/100)

Apakah makna suhu tinggi di dalam proses pembauran? (10/100)

(c) (i) Nyatakan Hukum Fick I dan II. (10/100)

(ii) Dapatkan pemalar-pemalar pembauran berikut:

$$D_i = \frac{4v_o d^2}{6} e^{-E_m/K_B T}$$

$$\text{dan } D_s = \frac{4v_o d^2}{6} e^{-(E_n + E_s)/K_B T}$$

Semua simbol mempunyai maksud yang biasa. (30/100)

2. (a) Huraikan proses-proses berikut:

- (i) mencuci wafer silikon
- (ii) pengoksidaan
- (iii) pembauran
- (iv) perlogaman (60/100)

Dalam bahagian (ii) bagaimanakah tebal oksida perkiraan. (10/100)

- (b) Di dalam proses pembauran, langkah "predeposition" dijalankan pada suhu 975°C bagi 30 min dengan berlebihan fosforus. Jika ketaktulenan pepejal fosforus di permukaan "wafer" silikon ialah $8 \times 10^{20} \text{ atom/cm}^3$, dan koefisien pembauran $1.7 \times 10^{-14} \text{ cm}^2/\text{s}$, hitungkan taburan dopan bagi "junction depth" 0.5μ . (30/100)

3. (a) Sekeping semikonduktor menyerap cahaya. Selepas masa t terbitkan ungkapan pembawa cas lebihan yang dikeluarkan seperti berikut:-

$$\Delta n = \beta k I t$$

$$\text{dan } \Delta p = \beta k I t$$

di mana simbol-simbol mempunyai maksud yang biasa. Tunjukkan nilai ketepuan dengan menggunakan satu geraf Δn vs t . (40/100)

- (b) Jelaskan dengan ringkas proses fotokesan dalam. (60/100)

4. Huraikan dengan ringkas proses rekombinasi

- (a) linear, dan
- (b) kuadratik

untuk pengeluaran cas pembawa fotovoltaiik. (100/100)

TABLE 10-1: Complementary Error Function

Z	erfc(Z)	Z	erfc(Z)	Z	erfc(Z)
0.00	1.00000	0.43	0.543113	0.86	0.223900
0.01	0.988717	0.44	0.533775	0.87	0.218560
0.02	0.977435	0.45	0.524518	0.88	0.213313
0.03	0.966159	0.46	0.515345	0.89	0.208157
0.04	0.954889	0.47	0.506255	0.90	0.203092
0.05	0.943628	0.48	0.497250		
0.06	0.932378	0.49	0.488332	0.91	0.198117
0.07	0.921142	0.50	0.479500	0.92	0.193232
0.08	0.909922			0.93	0.188436
0.09	0.898719	0.51	0.470756	0.94	0.183729
0.10	0.887537	0.52	0.462101	0.95	0.179109
		0.53	0.453536	0.96	0.174576
0.11	0.876377	0.54	0.445061	0.97	0.170130
0.12	0.865242	0.55	0.436677	0.98	0.165768
0.13	0.854133	0.56	0.428384	0.99	0.161492
0.14	0.843053	0.57	0.420184	1.00	0.157299
0.15	0.832004	0.58	0.412077		
0.16	0.820988	0.59	0.404063	1.01	0.153190
0.17	0.810008	0.60	0.396144	1.02	0.149162
0.18	0.799064			1.03	0.145216
0.19	0.788160	0.61	0.388319	1.04	0.141350
0.20	0.777297	0.62	0.380589	1.05	0.137564
		0.63	0.372954	1.06	0.133856
0.21	0.766478	0.64	0.365414	1.07	0.130227
0.22	0.755704	0.65	0.357971	1.08	0.126674
0.23	0.744977	0.66	0.350623	1.09	0.123197
0.24	0.734300	0.67	0.343372	1.10	0.119795
0.25	0.723674	0.68	0.336218		
0.26	0.713100	0.69	0.329160	1.11	0.116467
0.27	0.702582	0.70	0.322199	1.12	0.113212
0.28	0.692120			1.13	0.110029
0.29	0.681716	0.71	0.315334	1.14	0.106918
0.30	0.671373	0.72	0.308567	1.15	0.103876
		0.73	0.301896	1.16	0.100904
0.31	0.661092	0.74	0.295322	1.17	0.979996D-01
0.32	0.650874	0.75	0.288844	1.18	0.951626D-01
0.33	0.640721	0.76	0.282463	1.19	0.923917D-01
0.34	0.630635	0.77	0.276178	1.20	0.896860D-01
0.35	0.620618	0.78	0.269990		
0.36	0.610670	0.79	0.263897	1.21	0.870445D-01
0.37	0.600794	0.80	0.257899	1.22	0.844661D-01
0.38	0.590990			1.23	0.819499D-01
0.39	0.581261	0.81	0.251997	1.24	0.794948D-01
0.40	0.571608	0.82	0.246189	1.25	0.770999D-01
		0.83	0.240476	1.26	0.747640D-01
0.41	0.562031	0.84	0.234857	1.27	0.724864D-01
0.42	0.552532	0.85	0.229332	1.28	0.702658D-01

Z	erfc(Z)	Z	erfc(Z)	Z	erfc(Z)
1.29	0.681014D-01	1.72	0.149972D-01	2.15	0.236139D-02
1.30	0.659920D-01	1.73	0.144215D-01	2.16	0.225285D-02
		1.74	0.138654D-01	2.17	0.214889D-02
1.31	0.639369D-01	1.75	0.133283D-01	2.18	0.204935D-02
1.32	0.619348D-01	1.76	0.128097D-01	2.19	0.195406D-02
1.33	0.599850D-01	1.77	0.123091D-01	2.20	0.186285D-02
1.34	0.580863D-01	1.78	0.118258D-01	2.21	0.177556D-02
1.35	0.562378D-01	1.79	0.113594D-01	2.22	0.169205D-02
1.36	0.544386D-01	1.80	0.109095D-01	2.23	0.161217D-02
1.37	0.526876D-01			2.24	0.153577D-02
1.38	0.509840D-01	1.81	0.104755D-01	2.25	0.146272D-02
1.39	0.493267D-01	1.82	0.100568D-01	2.26	0.139288D-02
1.40	0.477149D-01	1.83	0.965319D-02	2.27	0.132613D-02
		1.84	0.926405D-02	2.28	0.126234D-02
1.41	0.461476D-01	1.85	0.888897D-02	2.29	0.120139D-02
1.42	0.446238D-01	1.86	0.852751D-02	2.30	0.114318D-02
1.43	0.431427D-01	1.87	0.817925D-02		
1.44	0.417034D-01	1.88	0.784378D-02	2.31	0.108758D-02
1.45	0.403050D-01	1.89	0.752068D-02	2.32	0.103449D-02
1.46	0.389465D-01	1.90	0.720957D-02	2.33	0.983805D-03
1.47	0.376271D-01			2.34	0.935430D-03
1.48	0.363459D-01	1.91	0.691006D-02	2.35	0.889267D-03
1.49	0.351021D-01	1.92	0.662177D-02	2.36	0.845223D-03
1.50	0.338949D-01	1.93	0.634435D-02	2.37	0.803210D-03
		1.94	0.607743D-02	2.38	0.763142D-03
1.51	0.327233D-01	1.95	0.582066D-02	2.39	0.724936D-03
1.52	0.315865D-01	1.96	0.557372D-02	2.40	0.688514D-03
1.53	0.304838D-01	1.97	0.533627D-02		
1.54	0.294143D-01	1.98	0.510800D-02	2.41	0.653798D-03
1.55	0.283773D-01	1.99	0.488859D-02	2.42	0.620716D-03
1.56	0.273719D-01	2.00	0.467773D-02	2.43	0.589197D-03
1.57	0.263974D-01			2.44	0.559174D-03
1.58	0.254530D-01	2.01	0.447515D-02	2.45	0.530580D-03
1.59	0.245380D-01	2.02	0.428055D-02	2.46	0.503353D-03
1.60	0.236516D-01	2.03	0.409365D-02	2.47	0.477434D-03
		2.04	0.391419D-02	2.48	0.452764D-03
1.61	0.227932D-01	2.05	0.374190D-02	2.49	0.429288D-03
1.62	0.219619D-01	2.06	0.357654D-02	2.50	0.406952D-03
1.63	0.211572D-01	2.07	0.341785D-02		
1.64	0.203782D-01	2.08	0.326559D-02	2.51	0.385705D-03
1.65	0.196244D-01	2.09	0.311954D-02	2.52	0.365499D-03
1.66	0.188951D-01	2.10	0.297947D-02	2.53	0.346286D-03
1.67	0.181896D-01			2.54	0.328021D-03
1.68	0.175072D-01	2.11	0.284515D-02	2.55	0.310660D-03
1.69	0.168474D-01	2.12	0.271639D-02	2.56	0.294163D-03
1.70	0.162095D-01	2.13	0.259298D-02	2.57	0.278489D-03
1.71	0.155930D-01	2.14	0.247471D-02		

.../3

Z	erfc(Z)	Z	erfc(Z)	Z	erfc(Z)
2.58	0.263600D-03	3.01	0.207390D-04	3.44	0.114518D-05
2.59	0.249461D-03	3.02	0.194664D-04	3.45	0.106605D-05
2.60	0.236034D-03	3.03	0.182684D-04	3.46	0.992201D-06
		3.04	0.171409D-04	3.47	0.923288D-06
2.61	0.223289D-03	3.05	0.160798D-04	3.48	0.858995D-06
2.62	0.211191D-03	3.06	0.150816D-04	3.49	0.799025D-06
2.63	0.199711D-03	3.07	0.141426D-04	3.50	0.743098D-06
2.64	0.188819D-03	3.08	0.132595D-04		
2.65	0.178488D-03	3.09	0.124292D-04	3.51	0.690952D-06
2.66	0.168689D-03	3.10	0.116487D-04	3.52	0.642341D-06
2.67	0.159399D-03			3.53	0.597035D-06
2.68	0.150591D-03	3.11	0.109150D-04	3.54	0.554816D-06
2.69	0.142243D-03	3.12	0.102256D-04	3.55	0.515484D-06
2.70	0.134333D-03	3.13	0.957795D-05	3.56	0.478847D-06
		3.14	0.896956D-05	3.57	0.444728D-06
2.71	0.126838D-03	3.15	0.839821D-05	3.58	0.412960D-06
2.72	0.119738D-03	3.16	0.786174D-05	3.59	0.383387D-06
2.73	0.113015D-03	3.17	0.735813D-05	3.60	0.355863D-06
2.74	0.106649D-03	3.18	0.688545D-05		
2.75	0.100622D-03	3.19	0.644190D-05	3.61	0.330251D-06
2.76	0.949176D-04	3.20	0.602576D-05	3.62	0.306423D-06
2.77	0.895197D-04			3.63	0.284259D-06
2.78	0.844127D-04	3.21	0.563542D-05	3.64	0.263647D-06
2.79	0.795818D-04	3.22	0.526935D-05	3.65	0.244483D-06
2.80	0.750132D-04	3.23	0.492612D-05	3.66	0.226667D-06
		3.24	0.460435D-05	3.67	0.210109D-06
2.81	0.706933D-04	3.25	0.430278D-05	3.68	0.194723D-06
2.82	0.666096D-04	3.26	0.402018D-05	3.69	0.180429D-06
2.83	0.627497D-04	3.27	0.375542D-05	3.70	0.167151D-06
2.84	0.591023D-04	3.28	0.350742D-05		
2.85	0.556563D-04	3.29	0.327517D-05	3.71	0.154821D-06
2.86	0.524012D-04	3.30	0.305771D-05	3.72	0.143372D-06
2.87	0.493270D-04			3.73	0.132744D-06
2.88	0.464244D-04	3.31	0.285414D-05	3.74	0.122880D-06
2.89	0.436842D-04	3.32	0.266360D-05	3.75	0.113727D-06
2.90	0.410979D-04	3.33	0.248531D-05	3.76	0.105236D-06
		3.34	0.231850D-05	3.77	0.973591D-07
2.91	0.386573D-04	3.35	0.216248D-05	3.78	0.900547D-07
2.92	0.363547D-04	3.36	0.201656D-05	3.79	0.832821D-07
2.93	0.341828D-04	3.37	0.188013D-05	3.80	0.770039D-07
2.94	0.321344D-04	3.38	0.175259D-05		
2.95	0.302030D-04	3.39	0.163338D-05	3.81	0.711851D-07
2.96	0.283823D-04	3.40	0.152199D-05	3.82	0.657933D-07
2.97	0.266662D-04			3.83	0.607981D-07
2.98	0.250491D-04	3.41	0.141793D-05	3.84	0.561711D-07
2.99	0.235256D-04	3.42	0.132072D-05	3.85	0.518863D-07
3.00	0.220905D-04	3.43	0.122994D-05	3.86	0.479189D-07

.../4

Z	erfc(Z)	Z	erfc(Z)	Z	erfc(Z)
3.87	0.442464D-07	4.30	0.119347D-08	4.73	0.224348D-10
3.88	0.408473D-07	4.31	0.109259D-08	4.74	0.203664D-10
3.89	0.377021D-07	4.32	0.100005D-08	4.75	0.184850D-10
3.90	0.347922D-07	4.33	0.915161D-09	4.76	0.167742D-10
		4.34	0.837317D-09	4.77	0.152187D-10
3.91	0.321007D-07	4.35	0.765944D-09	4.78	0.138048D-10
3.92	0.296117D-07	4.36	0.700518D-09	4.79	0.125198D-10
3.93	0.273103D-07	4.37	0.640556D-09	4.80	0.113521D-10
3.94	0.251829D-07	4.38	0.585612D-09	4.81	0.102914D-10
3.95	0.232167D-07	4.39	0.535276D-09	4.82	0.932791D-11
3.96	0.213999D-07	4.40	0.489171D-09	4.83	0.845298D-11
3.97	0.197214D-07			4.84	0.765861D-11
3.98	0.181710D-07	4.41	0.446950D-09	4.85	0.693754D-11
3.99	0.167392D-07	4.42	0.408293D-09	4.86	0.628312D-11
4.00	0.154173D-07	4.43	0.372906D-09	4.87	0.568932D-11
		4.44	0.340520D-09	4.88	0.515062D-11
4.01	0.141969D-07	4.45	0.310886D-09	4.89	0.466202D-11
4.02	0.130707D-07	4.46	0.283775D-09	4.90	0.421893D-11
4.03	0.120314D-07	4.47	0.258978D-09		
4.04	0.110726D-07	4.48	0.236302D-09	4.91	0.381721D-11
4.05	0.101882D-07	4.49	0.215568D-09	4.92	0.345307D-11
4.06	0.937269D-08	4.50	0.196616D-09	4.93	0.312304D-11
4.07	0.862073D-08			4.94	0.282401D-11
4.08	0.792756D-08	4.51	0.179295D-09	4.95	0.255311D-11
4.09	0.728870D-08	4.52	0.163467D-09	4.96	0.230774D-11
4.10	0.670003D-08	4.53	0.149008D-09	4.97	0.208554D-11
		4.54	0.135801D-09	4.98	0.188437D-11
4.11	0.615769D-08	4.55	0.123740D-09	4.99	0.170226D-11
4.12	0.565816D-08	4.56	0.112729D-09	5.00	0.153746D-11
4.13	0.519813D-08	4.57	0.102677D-09		
4.14	0.477457D-08	4.58	0.935034D-10	5.01	0.138834D-11
4.15	0.438468D-08	4.59	0.851326D-10	5.02	0.125343D-11
4.16	0.402583D-08	4.60	0.774960D-10	5.03	0.113141D-11
4.17	0.369564D-08			5.04	0.102107D-11
4.18	0.339186D-08	4.61	0.705306D-10	5.05	0.921310D-12
4.19	0.311245D-08	4.62	0.641787D-10	5.06	0.831132D-12
4.20	0.285549D-08	4.63	0.583874D-10	5.07	0.749634D-12
		4.64	0.531083D-10	5.08	0.675994D-12
4.21	0.261924D-08	4.65	0.482970D-10	5.09	0.609469D-12
4.22	0.240207D-08	4.66	0.439130D-10	5.10	0.549382D-12
4.23	0.220247D-08	4.67	0.399191D-10		
4.24	0.201907D-08	4.68	0.362814D-10	5.11	0.495122D-12
4.25	0.185057D-08	4.69	0.329687D-10	5.12	0.446133D-12
4.26	0.169581D-08	4.70	0.299526D-10	5.13	0.401912D-12
4.27	0.155369D-08			5.14	0.362004D-12
4.28	0.142319D-08	4.71	0.272071D-10	5.15	0.325994D-12
4.29	0.130341D-08	4.72	0.247084D-10		

Z	erfc(Z)	Z	erfc(Z)	Z	erfc(Z)
5.16	0.293508D-12	5.44	0.143363D-13	5.72	0.600078D-15
5.17	0.264208D-12	5.45	0.128342D-13	5.73	0.534249D-15
5.18	0.237786D-12	5.46	0.114873D-13	5.74	0.475548D-15
5.19	0.213964D-12	5.47	0.102797D-13	5.75	0.423213D-15
5.20	0.192491D-12	5.48	0.919719D-14	5.76	0.376564D-15
		5.49	0.822708D-14	5.77	0.334990D-15
5.21	0.173138D-12	5.50	0.735785D-14	5.78	0.297948D-15
5.22	0.155701D-12			5.79	0.264949D-15
5.23	0.139992D-12	5.51	0.657916D-14	5.80	0.235559D-15
5.24	0.125844D-12	5.52	0.588172D-14		
5.25	0.113103D-12	5.53	0.525717D-14	5.81	0.209387D-15
5.26	0.101632D-12	5.54	0.469802D-14	5.82	0.186087D-15
5.27	0.913067D-13	5.55	0.419751D-14	5.83	0.165347D-15
5.28	0.820141D-13	5.56	0.374959D-14	5.84	0.146889D-15
5.29	0.736527D-13	5.57	0.334880D-14	5.85	0.130466D-15
5.30	0.661308D-13	5.58	0.299027D-14	5.86	0.115856D-15
		5.59	0.266959D-14	5.87	0.102862D-15
5.31	0.593654D-13	5.60	0.238284D-14	5.88	0.913078D-16
5.32	0.532816D-13			5.89	0.810352D-16
5.33	0.478119D-13	5.61	0.212646D-14	5.90	0.719040D-16
5.34	0.428952D-13	5.62	0.189730D-14		
5.35	0.384766D-13	5.63	0.169250D-14	5.91	0.637892D-16
5.36	0.345063D-13	5.64	0.150951D-14	5.92	0.565791D-16
5.37	0.309396D-13	5.65	0.134604D-14	5.93	0.501740D-16
5.38	0.277362D-13	5.66	0.120003D-14	5.94	0.444852D-16
5.39	0.248595D-13	5.67	0.106965D-14	5.95	0.394336D-16
5.40	0.222768D-13	5.68	0.953249D-15	5.96	0.349488D-16
		5.69	0.849347D-15	5.97	0.309679D-16
5.41	0.199585D-13	5.70	0.756621D-15	5.98	0.274350D-16
5.42	0.178779D-13			5.99	0.243004D-16
5.43	0.160110D-13	5.71	0.673885D-15		

-ooooOoooo-